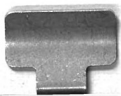
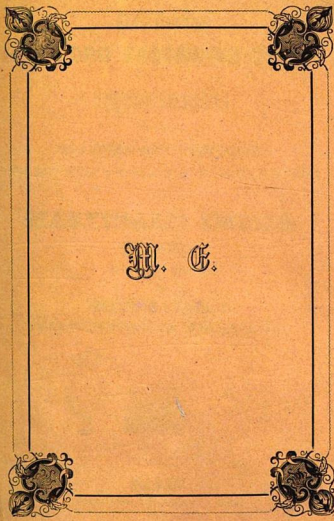
ROTAIE E LORO FABBRICAZIONE DISSERTAZIONE PRESENTATA ALLA...

Emilio Martinazzi

ROTAIE
E LORO FABBRICAZIONE

DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA REGIA SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GLI INGEGNERI IN TORINO

DA

MARTINAZZI EMILIO

DA PAVIA

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

NELLE INDUSTRIE MECCANICHE

PAVIA

TIPOGRAFIA DEI FRATELLI FUSI

1870.

ALLA VENERABILE MEMORIA DI MIO PADRE

A

MIA MADRE

A MIO FRATELLO E SORELLA

DEDICO QUESTO MIO LAVORO

ROTAIE E LORO FABBRICAZIONE

Le rotaie costituiscono la parte più importante dell' armamento ferroviario. Da esse dipende oltre all' economia di primo impianto, quella delle spese di manutenzione, la stabilità e la dolcezza della via. La scelta del tipo di rotaia da adottarsi e la determinazione delle dimensioni da darsi ad esse a seconda della natura della strada, del peso delle macchine, e della distanza delle traverse, costituiscono uno dei problemi che meritano la più seria attenzione.

Molti sono i tipi di rotaia proposti. Le prime guide metalliche (si crede siano state applicate la prima volta nel 1730 a Whitchaven in Inghilterra, ma fino al 1780 non furono di uso frequente) erano in ghisa, costituite da una lastra piegata ad angolo retto e fissata su lungherine in legno. Quando in seguito per viste economiche si pensò di togliere le lungherine e sostituirle con dadi in pietra e con traverse si ritenne necessario di dare alle rotaie sempre in ghisa una forma parabolica fra i punti d' appoggio onde avere una resistenza uguale in ogni punto. La linea Stockton-Darlington

costrutta nel 1825 era appunto armata con rotaie di questo genere. Frattanto nel 1805 si era cominciata da alcuni costruttori l'applicazione di rotaie in ferro; dopo qualche anno di prova e dietro l'autorevole opinione di Giorgio Stephenson venne ammessa generalmente la maggior convenienza delle rotaie in ferro che vennero poi dovunque adottate.

Le rotaie in ferro hanno infatti molti e notevoli vantaggi a fronte delle rotaie in ghisa. Esse non sono fragili; fabbricate al laminatojo anzichè per fusione, possono essere di lunghezza molto maggiore e quindi dare una strada con un numero molto minore di giunti; a pari resistenza potendo essere di peso molto minore riescono anche molto meno costose. Si temeva però che la ruggine dovesse rapidamente guastarle e che l'usura prodotta dall'attrito dei cerchioni dovesse essere molto più rapida che nelle guide in ghisa. L'esperienza dimostrò che entrambi questi timori sono infondati. Non si conosce ancora esattamente la causa, ma è un fatto che le rotaie non vanno soggette all'ossidazione e che quest'elemento non entra per nulla nella loro distruzione; quanto all'usura è vero che la crosta superiore delle rotaie in ghisa è molto più resistente di quella delle guide di ferro, ma l'inverso succede per la massa interna; per cui le rotaie in ghisa una volta rovinate alla superficie si rendono del tutto inservibili.

I processi di laminazione essendosi rapidamente perfezionati fu possibile di eseguire delle guide lunghissime in ferro, le quali presentassero fra i punti d'appoggio la forma di solidi d'egual resistenza; le linee Liverpool-Manchester e le prime del Belgio furono armate con rotaie di questa forma. Ma questo tipo di rotaia oltre alle difficoltà di fabbricazione, e quindi al costo molto maggiore, presenta altri inconvenienti molto gravi. La distanza dei punti d'appoggio deve essere costante ed esattissima; nelle curve ove gli sviluppi delle due rotaie del binario sono diversi, si devono eseguire rotaie

speciali, di lunghezza diversa onde poter disporre i sostegni a seconda dei raggi; e finalmente quando per un caso che si verifica frequentemente uno dei sostegni si abbassa rendendo doppia la portata fra i punti d'appoggio, si ha nel punto di mezzo, nel punto quindi più debole, lo spessore minore anzichè il maggiore come sarebbe necessario per la resistenza. Per tali motivi venne dovunque abbandonata la costruzione di tali rotaie e vennero adottate quelle a generatrici parallele.

La sezione trasversale delle rotaie in ferro salienti era da principio rettangolare. Esse erano mantenute entro incavature praticate nelle traverse mediante cunei in legno. Aumentando il peso delle macchine si rilevò ben presto che questa forma rendeva necessario, perchè la resistenza fosse sufficiente, un peso di metallo eccessivo, per cui si pensò di ingrossare la parte superiore sulla quale avviene il movimento e di munire la parte inferiore d'un rigonfiamento circolare o rettangolare destinato a mantenere le guide entro opportuni cuscinetti. Queste rotaie sono ancora in uso sulla linea Verona-Mantova e sui binarii di servizio delle Stazioni nostre, il rigonfiamento inferiore si disponeva costantemente all' interno della via; da questo lato avviene sempre per effetto specialmente dei ribordi di cui sono munite le ruote, la maggior usura delle rotaie. Quando il guasto del fianco interno era molto avanzato, non si poteva in causa della forma dei cuscinetti volgere le guide, onde far agire sull' altro fianco i ribordi delle ruote a meno di volgere contemporaneamente anche i cuscinetti; per cui si pensò di munire il piede della rotaia di due rigonfiamenti uguali, i quali potessero adattarsi indifferentemente nella incavatura che si riscontra nei cuscinetti. Si venne così alla costruzione delle rotaie a doppio fungo dissimetrico che sono anche al presente impiegate su molte ferrovie. In seguito onde rendere possibile anche un capovolgimento delle rotaie

dall' alto in basso, si ritenne conveniente di trasformare i due rigonfiamenti del piede in un altro fungo identico al superiore costruendo le rotaie a doppio fungo simmetrico, le quali possono capovolgersi e nel senso orizzontale e nel senso verticale prima di essere fuor d' uso.

Le prime ferrovie Americane erano costrutte con lungherine in legno, ricoperte da una lastra di ferro destinata a diminuire le resistenze di attrito. Malgrado che si dessero alle lungherine delle dimensioni molto sentite, esse non erano capaci di resistere al peso sempre crescente delle macchine; per cui si fu costretti a fare in modo che anche la lastra metallica cooperasse alla resistenza trasversale. Perciò dapprima se ne aumentò lo spessore, indi a risparmio di materiale si trasformarono in rotaie costituite da un fungo e da una base piana rilegate da un' asta sottile. Questa rotaia venne applicata in Germania dapprima su lungherine, indi con dimensioni diverse anche su semplici traverse o dadi in pietra. È questa la forma predominante sulle ferrovie germaniche e quella che sembra dia migliori risultati.

Oltre a questi tipi di rotaie molti altri ne furono esperimentati. Nel 1834 Strickland in America e nel 1835 Brunel in Inghilterra adottarono la rotaia a ponte. Questa rotaia destinata unicamente alle vie a lungherine, venne qualche volta applicata anche su traverse, ma come è naturale non diede soddisfacenti risultati. Essa è di fabbricazione piuttosto difficile. È quasi impossibile ottenere con questa forma una tavola di scorrimento abbastanza dura e resistente, e inoltre il peso delle macchine è molte volte sufficiente a schiacciarle facendole agire nel mezzo. — A tali inconvenienti già molto serii deve aggiungersi quello di non prestarsi assolutamente a un consolidamento dei giunti mediante stecche come gli altri tipi di rotaie. Attualmente l' uso delle guide a ponte è limitato alle piattaforme girevoli e qualche volta al tavolato dei ponti.

L' Ing. Barlow propose molti anni sono una rotaia la

quale venne da principio accolta con molto favore, inquantochè secondo l' inventore poteva essere impiegata senza traverse in legno. Essa ha la forma d' un V rovesciato, è disposta direttamente sul ballast e fissata di tratto in tratto a tiranti che rilegano le due guide del binario. I giunti dovevano essere consolidati mediante coprigiunti interni aventi la stessa forma della rotaia. In seguito ad alcuni difetti che si erano riscontrati nella applicazione di questa rotaia, l' inventore pensò di sostituire ai tiranti in ferro delle piccole traverse in legno, 3 ad ogni rotaia di 6 metri, le quali oltre al mantenere la larghezza dovuta, dovevano dare elasticità maggiore alla via. Ciononostante però dopo pochi anni la rotaia Barlow venne dovunque abbandonata. Gli si rimprovera principalmente la difficoltà di fabbricazione e la impossibilità di ricevere una tavola di scorrimento abbastanza resistente, di schiacciarsi sotto il peso delle macchine, di non permettere l' impiego della pietra spaccata come ballast, ma di rendere necessaria la ghiaja minuta, la quale costituisce nell' interno di essa un nocciolo compatto che ne aumenta la resistenza.

Attualmente sono soltanto tre i tipi di rotaie adottati generalmente sulle ferrovie e rispetto ai quali sono ancora divise le opinioni degli ingegneri ferroviarii. Questi tipi sono quelli a doppio fungo dissimetrico, a doppio fungo simmetrico e a base piana. Un parallelo fra questi diversi tipi per essere completo e attendibile, deve essere fatto sotto molti punti di vista diversi, tenendo calcolo di tutti gli elementi necessarii. Una delle osservazioni più importanti a farsi riguarda la resistenza che le diverse forme oppongono agli sforzi che agiscono su di esse. Questi sforzi tendono a rovinarne la superficie superiore, a spostarle trasversalmente, a infletterle e romperle. Questi ultimi sforzi sono i più rilevanti e sono quelli che determinano la forma generale a doppio T delle guide dei diversi tipi. È rispetto

1*

a questi sforzi che necessita principalmente di conoscere il modo di comportarsi dei diversi tipi impiegati. Le esperienze più complete che si hanno a tale proposito vennero eseguite da Weishaupt in Prussia. Impiegò per eseguirle una macchina potente costituita da una leva la quale con una sfera d' acciaio esercitava una notevole pressione sul punto di mezzo d' un pezzo di rotaia fissato su due robusti appoggi alla distanza di 94 centimetri l' uno dall' altro. La pressione poteva variare a volontà applicando dei pesi alla estremità della leva ; questa inoltre si manteneva costantemente orizzontale, perchè il perno si abbassava man mano che si produceva od aumentava la freccia del pezzo che si esperimentava. Un indice a braccia disuguali permetteva di leggere con molta esattezza le freccie prodotte dai diversi carichi.

La rotaia dissimetrica porta nella stessa sua forma il modo di verificarne la convenienza. Basta perciò esperimentarla nella posizione normale e nella posizione inversa. Se gli sforzi necessarii a produrne la rottura nei due casi sono eguali, la forma dissimetrica non sarà giustificata, inquantochè l' uguaglianza degli sforzi indica l' uguaglianza delle resistenze alla estensione e alla compressione e questa conduce alla simmetria; se gli sforzi invece sono diversi, la dissimetria sarà giustificata e la differenza delle resistenze indicherà da che parte convenga applicare la maggior parte di metallo. Le esperienze eseguite in questo senso da Weishaupt dimostrarono la convenienza della dissimetria, ma dimostrarono anche che il fungo maggiore dovrebbe trovarsi in basso anzichè in alto. Infatti risulta da esse che mentre una rotaia si ruppe nella posizione normale sotto una pressione di 10 tonn. colla freccia di 15 cent., nella posizione inversa non si ruppe che sotto una pressione di 15 tonn. con una freccia di 15 cent. Non essendo possibile per altre considerazioni di porre il fungo maggiore in basso, è evidente, sotto questo riguardo, la convenienza di adottare le rotaie a doppio fungo simmetrico a fronte delle dissimetriche.

Le rotaie a base piana nelle quali l' area del piede è sensibilmente eguale a quella del fungo, esperimentate nel modo suddescritto, si comportarono come è naturale molto diversamente dalle precedenti. Gli sforzi necessarii a produrre la rottura sono sempre molto maggiori nella posizione normale che nella inversa, comportandosi il piede di forma appiattita molto meglio riguardo agli sforzi di estensione che a quelli di compressione. Poteva però rimanere il dubbio che in queste rotaie vi fosse un eccesso di materiale e che fosse sufficiente di applicarvi tanto materiale quanto se ne riscontra nel fungo inferiore delle rotaie dissimetriche. Per togliere questo dubbio, Weishaupt esperimentò alcuni pezzi di rotaia a base piana intatti, ed altri in cui avea esportato una porzione del piede, in modo da renderne l' area uguale a quella del fungo inferiore delle rotaie dissimetriche. In questo modo gli riusciva possibile di fare il confronto su ferri di identica natura. Egli trovò che la diminuzione della resistenza è molto più rapida di quella dell' area del piede. Dalla media di molte esperienze risulta che mentre l' area del piede diminuisce da 1 a 0,85 gli sforzi che producono la rottura diminuiscono da 1 a 0,75. Risulta quindi la convenienza di porre pressochè la stessa quantità di metallo alla testa che al piede, eseguendo cioè le rotaie o a due funghi eguali, o a base piana.

Ciò dimostrato rimaneva a verificarsi quale delle due forme di rotaia ad aree sensibilmente uguali alle due estremità era la più conveniente. In questa serie di esperienze non si potevano più paragonare rotaie eseguite colla identica natura di ferro non essendo possibile di trasformare l' un tipo nell' altro; ed era necessario onde ottenere risultati attendibili di eseguire numerose esperienze su rotaie di metallo d' ogni specie. È ciò appunto che fece Weishaupt, il quale concluse da esse che la rotaia a base piana resiste meglio alla rottura, mentre quella simmetrica prende più

tardi una deformazione permanente. Egli non crede però che questa sia una legge assoluta e ben determinata e ritiene che questi due tipi di rotaia si equivalgano perfettamente rispetto agli sforzi trasversali.

Verificato così il merito relativo dei diversi tipi rispetto agli sforzi più rilevanti a cui sono soggetti, meritava anche di paragonarne la resistenza agli sforzi orizzontali esercitati contro il fianco di esse dai ribordi delle ruote. Perciò coricò il pezzo di rotaia da esperimentare e applicò la pressione sulla estremità del fungo precisamente ove appoggia generalmente il ribordo. Trovò che malgrado la posizione eccentrica del punto di applicazione della forza, la rotaia non perde la sua simmetria e s' inflette ugualmente per tutta l' altezza anche sotto pressioni considerevoli, persino di 5000 chilog.[1] Delle pressioni uguali producono però freccie molto maggiori nelle rotaie a doppio fungo che in quelle a base piana, freccie che stanno fra loro nel rapporto di 1, 7 a 1, per cui sotto questo riguardo la rotaia a base piana è preferibile a quella a doppio fungo.

La rotaia a doppio fungo simmetrica ha però l' incontestabile vantaggio di poter essere capovolta. Questa operazione deve essere eseguita con grandi precauzioni. Alcune volte che si vollero capovolgere delle rotaie troppo rovinate nel fungo superiore, si ebbe una strada nella quale si verificavano frequenti rotture e quindi notevole pericolo di sviamento. Per tale considerazione molti ritengono anzi che il capovolgimento della rotaia debba essere abbandonato. In appoggio di questa opinione si asserisce che il fungo superiore molto appiattito, non può disporsi molto opportunamente sulla base dei cuscinetti, che il fungo inferiore porta sempre delle incavature in corrispondenza ai cuscinetti, le quali oltre al rendere molto più facili le rotture guastano anche molto rapidamente i cerchioni delle ruote. Temono inoltre che il fungo inferiore stato sottoposto per molto tempo a sforzi di

estensione non sia più atto a resistere agli sforzi di compressione, a cui sarebbe destinato dopo il capovolgimento. Tali timori sono però esagerati; il capovolgimento se fatto colle debite cautele e sulle rotaie non troppo deformate, può aumentarne la durata almeno d' ¼, vantaggio questo molto sensibile quando si pensa alla spesa molto rilevante prodotta dalla manutenzione delle rotaie. Questo tipo è quasi esclusivamente adottato in Inghilterra, e in Francia.

La rotaia dissimetrica non gode del beneficio del capovolgimento. Essa però, secondo i suoi fautori, ha altri vantaggi che la rendono egualmente preferibile. È di più facile fabbricazione dovendosi curare in essa la costruzione perfetta di un solo fungo anzichè di due. Il fungo può riuscire molto compatto e se viene eseguito con ferro granulare della miglior qualità; l' usura del fungo è meno rapida e si può inoltre, non facendosi il capovolgimento, lasciarla progredire molto di più di quello che si possa fare colle rotaie del primo tipo. La durata quindi è uguale o di ben poco minore di quella delle rotaie a doppio fungo, malgrado non si faccia il capovolgimento. Aggiungendo a ciò di poter diminuire alquanto il peso del cuscinetto e quello della rotaia ritengono equilibrati i vantaggi e asseriscono che quest' ultimo tipo di rotaia è anzi preferibile al primo. Per tali ragioni le ferrovie dell' Alta Italia e quelle del Belgio conservarono fino al presente come tipo normale la rotaia dissimetrica.

La rotaia a base piana ha il vantaggio di applicarsi direttamente sulle traverse senza bisogno di cuscinetti intermedii. Tale vantaggio è rilevante non solo in causa della economia, ma per molte altre ragioni. I cuscinetti il cui acquisto importa. L. 5000 per ogni chilometro di semplice via, sono necessariamente di ghisa e quindi fragili. Uno sviamento che succeda lungo la linea può produrre la rottura di qualche centinajo di essi quando venga ad appoggiare sulla guancia il ribordo delle ruote. Il cuneo in legno che rattiene in essi le

guide non basta a produrre e mantenere un contatto perfetto malgrado le variazioni di temperatura, per cui la rotaia trovandosi sollevata dalla base, viene a battere contro di essa al passaggio dei convogli. Questi urti violenti sono causa molte volte della rottura della base dei cuscinetti, sebbene si dia ad essa lo spessore perfino di 5 cent., producono delle impronte nelle rotaie e incastrano i cuscinetti nelle traverse guastandole rapidamente

Si attribuiscono però alla rotaia a base piana alcuni inconvenienti. Essa non può offrire sufficiente resistenza agli sforzi che tendono a farla ruotare intorno allo spigolo esterno, essendo rattenuta da due soli chiodi sulla traversa; è difficile da togliere quando debba essere cangiata; si incurva molto difficilmente quindi si presta poco all' armamento degli scambii e di quei tronchi ove si trovano curve sentite ed è inoltre di fabbricazione molto più difficile. Alla prima obiezione l'esperienza rispose vittoriosamente. — Su nessuna ferrovia germanica ove da tanti anni è in uso tale rotaia non si riscontrò mai l' accennato inconveniente; inoltre sarebbe molto facile ovviarvi applicando una piastrella in ferro la quale renda solidarii i due arpioni come fa la base dei cuscinetti. La seconda obiezione, se è in parte un danno, è dall' altra parte un sensibilissimo vantaggio. Uno dei più serii pericoli delle vie a cuscinetti, prima dell' applicazione delle stecche ai giunti, dipendeva appunto dalla facilità con cui i malevoli potevano togliere i cunei, levare le rotaie, e interrompere la via. Colle stecche tale operazione è alquanto più lunga ma è ancora molto facile, non è dunque un danno se si ha una via in cui i maligni devono compiere un lungo lavoro per eseguire il loro disegno. Del resto tale operazione può essere abbreviata adottando le viti anzichè gli arpioni. Le rotaie a base piana sono realmente più difficili ad incurvarsi, ma ciò accusa una maggior resistenza trasversale, ed è un vantaggio, e non è di gran danno essendo ben pochi i punti in cui si

riscontri la necessità di incurvare le guide. Quanto alla fabbricazione di questo tipo è ora resa abbastanza facile e non è causa di spesa maggiore di quella degli altri tipi di rotaia. Se a queste ragioni si aggiungono i risultati dell'amplissima esperienza fatta in Germania non si può a meno di ritenere come assolutamente dimostrata l'economia di primo impianto e di manutenzione delle vie a rotaia a base piana. In questi ultimi anni infatti la loro applicazione prese anche fuori di Germania una estensione molto notevole. Le ferrovie meridionali nostre l'adottarono come tipo normale, quelle dell'alta Italia lo introducono man mano su molte linee, sostituendolo al vecchio tipo a doppio fungo dissimetrico ed anche molte società francesi lo adottano nel rinnovamento delle loro vie.

Passiamo ora ad esaminare succintamente i sistemi di fabbricazione delle rotaie. È questa una delle operazioni più difficili, che si presentino nelle officine di lavorazione del ferro, per le notevoli dimensioni delle sbarre e pel costo molto limitato che devono avere, onde non riuscire di troppo aggravio alla manutenzione delle vie. Le rotaie si eseguiscono con tutte le specie di ferro e d'acciaio, per cui la loro fabbricazione abbraccia si può dire tutta la metallurgia del ferro. Io mi limiterò soltanto a descrivere succintamente i varii processi usati per eseguire le diverse specie di rotaie.

Conviene però dapprima richiamare alla mente le diverse operazioni colle quali si estrae il ferro dai suoi minerali. I materiali che più spesso si impiegano alla estrazione del ferro, sono l'ossido e il carbonato di protossido di ferro. Al primo basta far subire una riduzione, al secondo bisogna far subire una decomposizione ed una riduzione. Nei gabinetti di chimica si può ottenere del ferro dall'ossido, facendo reagire su di esso dell'idrogeno; in pratica dovendosi operare su minerali i quali oltre al composto di ferro contengono

molte altre sostanze, si opera alquanto diversamente onde non impegnarsi neppure in ispese molto rilevanti. In pratica la sostanza riducente è l'ossido di carbonio che si produce nella combustione del carbone di legna, coke o carbon fossile che si aggiunge al minerale.

Il ferro si estrae praticamente dai suoi minerali con due processi diversi: il processo catalano e il processo degli alti forni. Col primo si ottiene direttamente del ferro malleabile; col secondo si ottiene della ghisa o ferraccio che si deve poi trasformare in ferro decarburandola.

Il processo catalano consiste nel disporre in una cavità quadrangolare costituente il forno e nella quale si può introdurre un potente getto d'aria mediante una tromba eolica, del carbone di legna e del minerale in due mucchi distinti, di cui quello di carbone è più vicino all'ugello dal quale entra l'aria. Attivata la combustione e il movimento della tromba eolica, si produce dell'acido carbonico il quale passando pei successivi strati di carbone si trasforma in ossido di carbonio, il quale alla sua volta attraversando il materiale lo riduce trasformandosi di nuovo in acido carbonico. Una parte del ferro non è ridotta che parzialmente e portata a protossido; questa si unisce alla matrice che accompagna il minerale e forma con essa una loppa molto fusibile che si raccoglie in gran parte in fondo al crogiuolo e che si fa colare per un foro praticato alla parte inferiore. Dopo 5 ore tutto il materiale è ridotto in ferro spugnoso; lo si raccoglie in massello mediante una spranga e lo si porta sotto al maglio onde farne schizzare le loppe liquide e far addensare il metallo.

Questo metodo oltre all'essere assai poco economico rendendo necessario il consumo di un peso di carbone triplo di quello del ferro che si ricava, è inoltre applicabile soltanto a minerali puri, non aggiungendosi verun fondente, il quale faciliti l'eliminazione della matrice.

Per tali motivi è molto più generalmente seguito il processo degli alti forni o forni fusorii, col quale si ottiene dal minerale la ghisa che si deve poi ridurre in ferro. La cavità di un alto forno rappresenta come due coni opposti per la base. Il cono superiore detto *camicia* è costituito di mattoni refrattarii e rivestito d' uno strato di scorie frantumate che rende minore la dispersione del calore. Il cono inferiore disposto colla base in alto dicesi *sacca* ed esso è pure costituito da mattoni refrattarii. L' estremo superiore del primo cono dicesi *gola* o *caminone* serve per l' introduzione del minerale e del combustibile. I due coni non sono collegati fra loro a spigolo vivo, ma col mezzo d' un breve tratto cilindrico che dicesi *ventre*. Il cono inferiore termina con uno spazio generalmente prismatico al quale si dà il nome di *presura* che si chiude inferiormente in uno spazio detto crogiuolo destinato a raccogliere la materia fusa. Una delle faccie del crogiuolo presenta una apertura per lo scolo delle scorie; le altre presentano dei fori per l'introduzione dell' aria. Le dimensioni generali degli alti forni ed anche quelle delle diverse parti di essi variano moltissimo da una località ad un' altra anche secondo la natura del combustibile che si impiega.

La matrice che si trova nel minerale essendo assai di rado fusibile da per sè, è necessario aggiungere al minerale un fondente che costituendo colla matrice delle sostanze facilmente fusibili ne produca l' eliminazione. Se la matrice è silicea si ricorre ad un fondente basico, il carbonato di calce; se invece è calcare od è un silicato troppo basico si ricorre ad un fondente siliceo, l' argilla.

Il minerale non si introduce nell' alto forno che dopo alcune operazioni di torrefazione e di lavatura, eseguite in mucchi o in forni analoghi a quelli che servono per la cottura della calce e in vasche nelle quali si fa arrivare una corrente d' acqua. Il combustibile come abbiam detto può essere il carbone di legna, il coke e il carbon fossile. Il primo

è preferibile non contenendo mai dello zolfo, sostanza che altera notevolmente le proprietà del ferro; nei paesi però ove il carbone di legna riuscirebbe troppo dispendioso si adopera anche il coke od il carbon fossile.

Per eseguire l'operazione si riscalda lentamente il forno mediante fascine, poscia lo si riempie dalla gola di combustibile. Man mano che il combustibile discende si introducono strati alternati di minerale misto al fondente e di combustibile, aumentando man mano la quantità di minerale sinchè si giunge ad una proporzione riconosciuta conveniente e che si mantiene per tutta la campagna di circa 4 anni, durante i quali il forno può continuamente lavorare. Quando le prime cariche di minerale giungono al fondo del forno cominciano a fornire ferraccio e loppe le quali si dispongono pel diverso peso in due strati diversi nel crogiuolo. Quando il crogiuolo è pieno le loppe galleggianti escono dal foro lasciato nella presura; scorrono su un piano inclinato e si solidificano. Quando il crogiuolo è pieno di ferraccio si sospende l'azione delle soffierie e si apre un foro praticato a livello del fondo del crogiuolo, la ghisa cola sul suolo dell' officina e si conduce per via di rigagnoli entro forme ove si solidifica in pani. Appena terminata la colata si riprende l' azione dell' aria e l' operazione continua.

Il ferraccio che si ottiene dagli alti forni è un carburo di ferro più o meno carburato a seconda della natura dei minerali, misto ad altre sostanze come zolfo, silicio, fosforo e manganese. Lo zolfo, il silicio ed il fosforo alterano le qualità del ferro e debbono essere possibilmente eliminati; il manganese invece sembra abbia influenza favorevole sulla qualità del ferro.

Il ferraccio può impiegarsi o direttamnte alla fabbricazione degli oggetti di getto ovvero alla fabbricazione del ferro. Per decarburare la ghisa e trasformarla in ferro si usano i forni di affinazione e i forni a puddlér. I forni di

affinazione sono casse parallelepipede scoperte nelle quali si può introdurre un potente getto d' aria mediante soffierie o mantici. Si riempiono le casse di combustibile e si attiva la combustione. Al di sopra del combustibile si dispongono i pani di ghisa i quali fondono e attraversando la massa incandescente vengono ridotti. Una parte del silicio, del ferro e del carbonio viene ossidata; si forma un silicato di ferro fusibile il quale reagisce sul carburo di ferro e gli cede parte dell' ossigeno cooperando quindi alla decarburazione. Una parte della scoria si fa uscire da un foro opportuno; il ferro spugnoso che si forma si riduce in massello e quando ha acquistata sufficiente consistenza lo si porta al maglio che lo purga dalle scorie e al laminatoio che lo trasforma in barre.

Questo sistema di affinazione dà un ferro molto pregiato, ma riesce molto costoso. Per ogni 100 chil.mi di ferraccio occorrono 150 chil.mi di combustibile. È molto più economico il metodo di affinamento inglese o dei forni a puddlér. Dividesi l' affinamento inglese in due periodi, il primo dei quali non serve che a preparare il ferraccio a quelle modificazioni che debbonsi operare nel secondo. La prima operazione consiste nel sottoporre il ferraccio ad una fusione in circostanze tali che concorrano a purificarlo in parte dai materiali stranieri e a scemare la proporzione del carbonio. Il ferraccio così preparato prende il nome di metallo-fino e fuochi di fineria diconsi gli apparecchi coi quali si eseguisce questa operazione. — Questi apparecchi consistono in casse parallelepipede col fondo d' argilla e le pareti doppie di ghisa fra le quali gira una corrente d' acqua, che si riempiono di combustibile, sul quale si dispongono i pani di ghisa e nelle quali si introduce molta aria mediante sei ugelli. La ghisa fonde e attraversa il combustibile, riducendosi alquanto; la si estrae dal crogiuolo e si raffredda molto rapidamente versandovi dell' acqua fredda. Essa diviene in tal modo molto fragile e si presta meglio della ghisa di prima

fusione alla riduzione in ferro. Questa operazione indispensabile pei ferracci molto siliciferi e carburati si omette quando si opera su ferracci provenienti da materiali puri.

I forni a puddlér, nei quali si compie l'affinazione del ferraccio col sistema inglese, sono semplici forni a riverbero che da una parte terminano col focolare e dall'altra col camino. Si riempie la parte intermedia di pani di ghisa, con piccola parte di scorie ricche di ferro, lasciando dei vani pel passaggio dei prodotti della combustione, indi si carica la grata di combustibile e si attiva il fuoco. Quando la fusione è abbastanza avanzata l'operaio introduce nel forno da una apertura laterale un riavolo in ferro col quale rimescola continuamente la massa esponendola alla diretta azione dei gaz. Fa fluire poscia parte delle scorie e raccoglie il ferro in palle da 25 a 30 chilog.^{mi} che si portano successivamente al maglio o ai laminatoi.

Il ferro così ottenuto che dicesi di prima operazione o puddlé non è mai del tutto omogeneo. Per quelle opere che esigono ferro omogeneo e tenace è necessario far subire ad esso una seconda operazione. Si tagliano perciò le sbarre ottenute al laminatojo in porzioni di circa 1 metro di lunghezza che si riuniscono in pacchi del peso della sbarra che si vuol ottenere e legati con filo di ferro o con lastra sottile si introducono in un forno a riverbero detto forno a riscaldamento nel quale si portano al rosso bianco e dal quale si estraggono per portarli al maglio, indi ai laminatoi, o direttamente ai laminatoi. Il ferro così ottenuto dicesi di seconda operazione o corroyé.

L'acciaio è un carburo di ferro meno carburato della ghisa. La proporzione di carbonio contenuta nell'acciaio è assai esile; non supera mai il 2 per 100. La presenza del carbonio dà all'acciaio le proprietà che lo caratterizzano di fondere cioè ad elevatissime temperature e di prendere per vicende di temperatura durezza ed elasticità varie di grado.

L' acciaio si può ottenere in due modi molto diversi o carburando il ferro o decarburando la ghisa. L' acciaio che si ottiene carburando il ferro dicesi acciaio di cementazione. Per ottenerlo si dispongono entro casse poste in forni a riverbero le sbarre di ferro da trasformarsi avvolgendole nel cemento formato di polvere di carbone di legna mista ad $\frac{1}{10}$ del proprio peso di ceneri ed alquanto sale marino. Le casse si chiudono ermeticamente e si lasciano per otto giorni sotto l' azione del fuoco. La carburazione del ferro che comincia alla superficie si addentra man mano nella sbarra e si eseguisce completamente in questo frattempo. Le sbarre però non sono omogenee, più carburate all' estremo lo sono meno all' interno; per renderle alquanto più omogenee, si tagliano, se ne formano dei pacchi ponendo a contatto le parti più acciaiate colle meno acciaiate, si portano in un forno a riscaldamento indi si laminano di nuovo.

Colla decarburazione della ghisa si può ottenere acciaio o coi forni di affinamento, o coi forni a puddlér. L' operazione non diversifica da quella descritta per la preparazione del ferro, se non pel grado di decarburazione a cui si spinge la ghisa. Anche il materiale che con tale processo si ottiene non è omogeneo. Onde renderlo tale è indispensabile far subire ad esso una seconda operazione analoga a quella descritta pel ferro.

Quando si vuole dell' acciaio di perfetta omogeneità, sia poi desso di cementazione o puddlé è necessario di approfittare della proprietà di cui esso gode di fondersi ad elevata temperatura, e fonderlo entro crogiuoli. Si ottiene così l' acciaio fuso il quale è di identica composizione in tutta la massa.

L' acciaio si può ricavare dalla ghisa anche col processo Bessemer o processo senza combustibile, il quale sebbene adottato soltanto da pochi anni ha quasi soppiantato tutti gli altri sistemi di riduzione. Consiste questo processo nel valersi

per la riduzione, della reazione dell' aria sulla ghisa in fusione. Entro un crogiuolo opportuno detto convertitore si cola la ghisa proveniente o direttamente da un alto forno o da un forno di fusione e dalla parte inferiore si introduce un getto potente d' aria. Quando la ghisa sia di qualità conveniente o sia mescolata con ghisa molto carburata, l' aria abbrucia il carbonio in essa contenuto e la trasforma in acciajo più o meno carburato od anche in ferro malleabile secondo la maggiore o minore durata dell' operazione. Il materiale che si ottiene essendo fuso è di perfetta omogeneità ed è di costo assai inferiore a quello dell' acciaio di cementazione o dell' acciaio fuso pel considerevole risparmio della spesa di combustibile che si ha con questo processo.

Premessi questi pochi cenni di richiamo sulla metallurgia del ferro passiamo ora ad esaminare i processi di fabbricazione delle rotaie. In vista degli sforzi a cui sono sottoposti questi solidi, essi dovranno presentare omogeneità onde offrire una resistenza uniforme, compattezza per non schiacciarsi sotto il peso dei veicoli e durezza onde non cedere troppo facilmente all' azione dei cerchioni. Inoltre il ferro dovrà essere di buona qualità e sopratutto non dovrà essere fragile a freddo; che altrimenti frequentissime rotture si verificherebbero al passaggio dei convogli.

Le rotaie vengono generalmente eseguite parte in ferro di seconda operazione, *corroyè* e parte in ferro di prima operazione, puddlé. Il ferro di seconda operazione si pone superiormente ed inferiormente inquantochè la sua maggiore omogeneità lo rende più atto a resistere alla usura; esso deve essere a grana fina al fungo superiore dove si richiede maggior durezza e fibroso al piede sottoposto a sforzi di estensione. Il ferro di seconda operazione si salda a temperatura molto più elevata di quello di prima operazione, e riesce molto difficile il regolare il riscaldamento in modo da produrre la perfetta saldatura senza abbruciare il ferro di

prima operazione. Tutte le rotaie costituite da due nature diverse di ferro lasciano qualche cosa a desiderare sotto questo rispetto per cui si fabbricano da alcune officine delle rotaie tutte in ferro corroyé o tutte in ferro puddlé. Le rotaie in ferro corroyé hanno realmente una omogeneità molto maggiore delle altre, ma le sbarre di cui sono costituite contenendo assai poche scorie si saldano assai difficilmente anche sotto la potente azione del maglio; queste rotaie sotto questo riguardo sono forse peggiori delle ordinarie. Le rotaie in ferro puddlé invece si saldano perfettamente anche a temperatura poco elevata e riescono sotto questo riguardo molto meglio delle altre, ma d'altra parte appunto per la notevole quantità di scorie che contengono non offrono quasi mai una superficie di scorrimento abbastanza liscia e abbastanza resistente alla usura. Ciò nonostante però in vista anche del loro costo minore esse sono impiegate su molte ferrovie specialmente germaniche.

Quando le rotaie devono essere eseguite colle due specie di ferro, si eseguiscono dapprima i *pacchi per coperte* mediante sbarre di ferro di prima operazione. Questi pacchi si portano in un forno di riscaldamento indi si laminano riducendoli in sbarre della larghezza d'un pacco di rotaia, affine di evitare i giunti sulle tavole di scorrimento. Ottenute queste sbarre si formano i pacchi per rotaie, disponendo fra le coperte, cioè fra le sbarre di corroyé che devono divenire dopo la laminazione fungo superiore e piede, delle sbarre di ferro di prima operazione a giunti alternati. Il loro peso deve essere alquanto superiore a quello delle rotaie da fabbricarsi, per poter dare alla sbarra una lunghezza maggiore e poterne ritagliare gli estremi sempre difettosi. Per rotaie di 6^{m} e del peso di 36 chilog.^{mi} al metro si eseguiscono dei pacchi di 240 chil.^{mi} circa di peso. La maggior parte dei costruttori dispongono le sbarre nel pacco orizzontalmente, altri preferiscono disporre alcune sbarre verticalmente, ma la

saldatura sembra con questa disposizione meno perfetta. Non è inoltre ben determinato ancora lo spessore più conveniente da darsi alle coperte, alcuni preferiscono fare in modo che dopo la laminazione esse costituiscano tutto il fungo, altri invece credono più conveniente di eseguire con esse una sola crosta superficiale.

Le dimensioni dei pacchi variano naturalmente a seconda del peso delle rotaie; per le rotaie ordinarie hanno $0,22 \times 0,25 \times 0,95$ ovvero $0,22 \times 0,20 \times 1,10$. Formati i pacchi e rilegati opportunamente con filo di ferro o lamina sottile si portano in un forno di riscaldamento. Si dispongono in esso colla coperta superiore in basso onde riscaldarla maggiormente e produrne una migliore saldatura, quando dopo qualche tempo il pacco ha acquistata una certa consistenza lo si volge sul fianco e dopo qualche ora lo si estrae per portarlo sotto il maglio o direttamente ai laminatoi.

Non tutte le officine fanno subire al pacco il martellamento. Questa operazione è però molto vantaggiosa inquantochè il maglio scaccia dal pacco le loppe in esso contenute e che il laminatoio non potrebbe estrarre e salda molto meglio fra loro i diversi strati che lo compongono. Il peso del maglio varia dai 3000 ai 6000 chil.^{mi}; esso deve produrre l'allungamento del pacco di $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{4}$ della primitiva lunghezza. Dopo il martellamento il pacco si riscalda di nuovo, indi si porta ai laminatoi.

La maggior difficoltà che si riscontra nella fabbricazione delle rotaie essendo quella di ottenere una perfetta saldatura, era naturale che si cercasse il modo di eseguire rotaie senza saldatura in un sol massello proveniente dai forni a puddlér, martellato e laminato. Alla esposizione del 1867 l'officina di Dawlais in Inghilterra aveva presentato un massello di 250 chilogrammi di peso e la officina Borsig di Berlino ne avea presentato di 250 e di 1000 chil.^{mi} La loro fabbricazione riesce ancora molto difficile e non viene adottata come fabbricazione corrente in veruna officina.

Alla formazione dei pacchi per rotaie servono anche, oltre alle sbarre nuove le rotaie di scarto. Perciò si tagliano con una potente forbice in pezzi della lunghezza del pacco e se ne riempiono le cavità laterali mediante altre piccole sbarre di conveniente dimensione, ovvero si riscaldano e si spianano al maglio od al laminatoio adoperandole poi come sbarre ordinarie. La diversa natura di ferro di cui queste rotaie sono generalmente costituite toglie l' omogeneità dell' insieme; ciò nonostante però sembra che le rotaie così fabbricate non abbiano durata inferiore a quelle ottenute con sbarre tutte nuove.

Il numero delle scanalature dei cilindri laminatoi varia secondo le officine e secondo che si fa subire ai pacchi il martellamento o lo si ommette. In quest' ultimo caso dovendo i cilindri produrre anche la saldatura il numero delle scanalature dovrà essere alquanto maggiore. In generale i cilindri sono 3 muniti ciascuno da 3 a 5 scanalature. I primi servono soltanto a comprimere e saldare la sbarra, hanno scanalature rettangole e si muovono con pochissima velocità, i successivi cominciano a dare alla sbarra la forma voluta allungandola sempre più; gli ultimi detti finitori compiono l' operazione. Anche con 12 scanalature non occorrono più di due minuti onde compiere la rotaia. I primi cilindri fanno da 15 a 20 giri al minuto, gli ultimi ne fanno perfino 80. In alcune officine nelle quali la saldatura del pacco è ottenuta mediante i cilindri si fa subire ad esso un riscaldamento prima di passarlo alla seconda serie di cilindri; è soltanto però un riscaldamento al rosso ciliegia quale è necessario per rendere facile la successiva laminazione.

Le rotaie devono sortire dai laminatoi di 50 a 60 cent.i di lunghezza maggiore della normale per poterne tagliare quei 25 a 30 cent.i per parte che sono sempre deformati. Quando esse sortono dall' ultima scanalatura dei laminatoi, sono ancora a temperatura abbastanza elevata per poter

esser segate alla lunghezza voluta. Perciò disposte su un vagoncino si portano contro un banco su cui sono fissate due seghe circolari. La distanza fra queste seghe deve essere tale che le rotaie dopo il raffreddamento abbiano la lunghezza voluta. L'operaio che sorveglia questa operazione deve essere molto abile e conoscere il grado di temperatura a cui corrispondono le varie tinte del ferro, onde non avvicinare le guide alla sega se non quando sono alla temperatura corrispondente alla distanza delle seghe, affinchè dopo il raffreddamento la lunghezza delle rotaie non sia maggiore del bisogno.

Un' altra operazione importante che si deve eseguire in seguito sulle rotaie è il raddrizzamento. Anche questa operazione si eseguisce a caldo disponendo la rotaia su una tavola in ghisa e battendola con un martello in legno. I martelli metallici debbono essere assolutamente vietati chè deformerebbero il fungo. Se la rotaia è a doppio fungo simmetrica, la tavola in ghisa dovrà essere rettilinea, in caso contrario la contrazione agendo diversamente sui due funghi di forma e dimensione diversa, si deve eseguire la tavola secondo una certa curva e tale che le rotaie la perdano raffreddandosi. Per ottenere tale esatta curvatura si raddrizzano perfettamente a caldo alcune rotaie del tipo che si deve fabbricare e si dà alla tavola in ghisa l' identica curvatura che queste rotaie assumono raffreddandosi. È evidente che dando alle rotaie a caldo tale curvatura esse dovranno riuscire perfettamente rettilinee.

Giunte le rotaie a questo stadio di fabbricazione si lasciano raffreddare, indi le si compiono rettificandone la lunghezza e al caso riducendola perfetta all' utensile, raddrizzandole se presentano ancora qualche leggero incurvamento mediante viti di pressione e praticando i fori per le stecche ai giunti. Questi fori possono eseguirsi al trapano o all' emporte-piece. Nel caso che si impieghi quest' ultima macchina

essa non dovrà mai fare contemporaneamente due fori, ma soltanto uno alla volta onde evitare il pericolo che si producano delle fenditure fra i due fori. Alle estremità delle rotaie il fungo superiore è alquanto smuzzato affine di diminuire il pericolo che le ruote dei veicoli abbiano a sfogliarle.

Aumentando la velocità dei treni e il peso delle macchine si riconobbe ben presto la necessità di impiegare nella costruzione dei pezzi speciali dell'armamento, aghi, punte d'incrociamento ecc. un metallo più resistente del ferro. Questo bisogno si fece ben presto sentire anche per le rotaie specialmente nelle stazioni e sulle livellette molto inclinate. Nelle stazioni si eseguiscono molti andirivieni, i freni molte volte agiscono per arrestare i convogli, le macchine molte volte patinano non avendo forza a sufficienza per imprimere il moto a tutta la massa. Queste circostanze non possono a meno di influire molto sfavorevolmente sulla durata delle rotaie e di renderne necessario il rinnovamento molto frequente. Nelle livellette inclinate occorrono macchine più pesanti, o macchine di rinforzo, lo sforzo tangenziale al contorno delle ruote è maggiore; i freni nelle discese agiscono costantemente e molte volte impediscono totalmente la rotazione delle ruote, le quali strisciando sulle guide, le sfogliano, le rovinano rapidamente. Il primo rimedio che si oppose a questa azione distruttrice fu un aumento di peso. Tale rimedio però è affatto insufficiente inquantochè non è l'usura che rende inservibili le rotaie, ma bensì i guasti e le deformazioni che in esse si producono. Generalmente si rende necessario cambiare le guide quando il loro peso è assai poco minore del normale, cioè quando l'usura produsse in esse ancora ben poco danno. Si dovette quindi cercare di indurire maggiormente le rotaie in ferro o di sostituire al ferro qualche altro metallo di resistenza maggiore. Siccome è la tavola di scorrimento che si guasta con maggior rapidità, basterà onde

aumentare la resistenza delle guide di rendere più resistente questa parte delle rotaie. A ciò si perviene coi processi di cementazione delle rotaie. Fu la compagnia francese d' Orleans che per la prima impiegò con vantaggio le rotaie a fungo cementato. Sebbene tale operazione aumentasse di circa 40 lire il costo per tonn.ta delle guide, essa trovava il suo tornaconto nella maggiore durata. Questa operazione si eseguiva ponendo in forni entro casse, le rotaie ricoprendole con uno strato di cemento formato di polvere di carbone mista a carbonato di soda e a un po' di calcare e, lasciandole per 72 ore sotto l' azione del fuoco il quale però non doveva sorpassare il rosso ciliegia. Con tale operazione il fungo superiore delle rotaie si acciaia e acquista una durezza molto maggiore. Si fa però alla cementazione una obiezione piuttosto grave per le rotaie a doppio fungo simmetriche. La cementazione rende granulare il ferro e quindi lo rende assai poco resistente agli sforzi di estensione; e si deve assolutamente evitare per conseguenza di eseguirla al fungo inferiore. Deve quindi essere abolito il capovolgimento e inoltre si devono munire le rotaie di qualche segno che renda impossibili gli errori nella posa. Per tali difficoltà alcuni ingegneri ritengono debba abbandonarsi almeno colle rotaie simmetriche l' operazione della cementazione.

Tali inconvenienti non si verificano quando le rotaie siano dissimetriche. In questo caso la cementazione può dare buonissimi risultati, come lo prova la linea da Bologna a Firenze armata con rotaie a doppio fungo, dissimetriche cementate alla tavola superiore. Queste rotaie eseguite a Ruhrort nella Prussia Renana vengono cementate col processo Dodd. Ultimate le rotaie in ferro fibroso col processo ordinario si portano nei forni di cementazione. Questi forni, che sono quattro, contengono ciascuno due casse capaci di 28 rotaie in 4 strati. Le casse hanno 1m di lunghezza più delle guide onde poterle dopo la carica chiudere mediante muricciuoli. Per

eseguire la carica si spande sul fondo della cassa uno strato di sabbia e su di esso si dispongono 7 rotaie nella posizione normale. Lo spazio fra le rotaie si riempie di sabbia fino all' altezza del fungo superiore, indi vi si sparge uno strato di 5 centimetri di spessore di cemento formato di polvere di carbone di legna forte mista ad $^1/_{10}$ di carbonato di soda. Su di esso si dispongono altre 7 rotaie capovolte e al di sopra altre 7 nella posizione normale. Si riempiano i vani con sabbia, si ricopre con un nuovo strato di cemento e si dispone finalmente l' ultimo strato di rotaie capovolte. Si eseguiscono in seguito i muricciuoli di chiusura, lasciandovi dei fori in alcuni dei quali si pongono delle sbarre della stessa natura di ferro delle rotaie e che servano a far riconoscere l' andamento della operazione e si comincia il fuoco. Dopo 36 ore il calore è giunto al grado conveniente al rosso ciliegia, dopo 96 ore si sforna e le rotaie sono superiormente acciaiate per uno spessore di mezzo millimetro. Nel caso che le rotaie presentassero qualche leggera curvatura si raddrizzano dopo il raffreddamento con un torchio a bilanciere.

Il costo della cementazione con questo processo è di sole 22 lire per tonn.ta L' esperienza di parecchi anni sulla linea di Bologna e sulla linea dell' officina, dimostra la molto maggior durata delle rotaie cementate e quindi la convenienza del processo.

Perchè la cementazione possa riuscire vantaggiosa è però necessario che le rotaie siano in ferro eccellente ed eseguite colla massima perfezione. Quando le rotaie presentino qualche leggera dissaldatura la cementazione non può che peggiorarne le condizioni e renderle quasi inservibili.

L' accoppiamento dei metalli di resistenza diversa, impiegato da molto tempo per gli utensili, picconi ecc. si propose, come era naturale anche per le rotaie. È però molto difficile di ottenere in pezzi di dimensione così notevole e pei quali il costo deve essere limitato il più che è possibile

una perfetta saldatura delle due parti. È questo anzi il motivo principale per cui le rotaie in ferro con testa d' acciaio non vennero impiegate così frequentemente come altrimenti sarebbe avvenuto. Ciò nonostante però molte linee ferroviarie esperimentarono le rotaie a testa d' acciaio puddlé, d' acciaio fuso e d' acciaio Bessemer.

Le rotaie a testa d' acciaio puddlé diedero risultati molto diversi da una linea all' altra per la poca omogeneità del materiale, quelle a testa d' acciaio fuso diedero risultati molto migliori, ma il loro costo notevole fece sì che ad esse si preferirono dovunque le rotaie in acciaio Bessemer.

Le rotaie a testa d' acciaio si eseguiscono come quelle in ferro sostituendo alle coperte in ferro dei pacchi delle coperte d' acciaio. Verdié era riuscito a fondere direttamente l' acciaio sul ferro ottenendo così una saldatura molto più perfetta, ma abbandonò ben presto il processo quando l' acciaio Bessemer ottenne tanto favore.

Anche le rotaie a testa d' acciaio Bessemer si eseguiscono disponendo l' acciaio sotto forma di coperte nei pacchi. L' officina di Gratz che fabbrica la maggior quantità di rotaie di questo genere, colle quali è armata la linea del Brenner, giunge ad ottenere un materiale molto uniforme e nel quale anche la saldatura è molto soddisfacente. Le coperte d' acciaio munite di ribordi pesano circa $1/6$ del pacco, hanno lo spessore di 46 mill.[i] nel mezzo e di 78 ai bordi e formano la tavola di scorrimento e i fianchi del fungo. Una commissione d' ingegneri austriaci constatò che la saldatura di queste rotaie non presentava maggior difficoltà di quella dei pacchi eseguiti in ferro di due specie diverse, essendo pressochè eguale la temperatura a cui si salda il ferro corroyé e l' acciaio Bessemer.

Attualmente v' ha però una spiccata tendenza nelle società ferroviarie a preferire per la fabbricazione delle rotaie un materiale omogeneo; il ferro per le linee di poca pen-

denza e di poco traffico, l'acciaio per le linee di montagna e per le linee principali.

Tutte le specie di acciaio vennero impiegate alla costruzione delle rotaie, l'acciaio puddlé, l'acciaio fuso e il Bessemer. Ora è quest'ultimo che quasi esclusivamente è adottato pel suo poco costo e per la buona riuscita.